2022 年 8 月 26 日
資料文件

立法會經濟發展事務委員會

2022 年 6 月 21 日
中華電力有限公司電纜意外事件

目的

繼在 2022 年 6 月 29 日及 7 月 8 日致函經濟發展事務委員會(下稱「委員會」)(分別為立法會 CB(4)606/2022(01)號及 CB(4)640/2022(01)號文件)後，政府於 8 月 22 日收到中華電力有限公司(下稱「中電」)向機電工程署(下稱「機電署」)署長就中電 6 月 21 日電纜意外事件提交的最終報告(下稱「報告」)。本文件旨在向委員會匯報報告的主要內容，並提交文本予委員會省覽。

背景

2. 政府根據《電力條例》(第 406 章)(下稱《條例》)監管電力公司的運作，以確保本港的電力供應安全可靠。《條例》闡述供電商的權力及責任，包括須在電力意外發生後向機電署署長提交報告，說明意外的起因，以及已經採取或將會採取甚麼補救行動，以防再次發生意外。

3. 政府非常關注是次電纜意外事件，除了責成中電深入調查，亦要求中電為所有類似設計的電纜橋設施作特別檢查，並一直監督其調查進度及善後工作。按政府要求，中電分別於 6 月 24 日和 7 月 6 日提交初步和詳細報告。

4. 政府於 8 月 22 日收到中電向機電署署長提交的最終報告。報告交代事件發生經過、即時補救措施、搶修工作、起火成因及改善方案，其文本載於**附件**。

意外發生經過、補救措施和搶修工作

5. 中電的報告指出，在 6 月 21 日傍晚六時半至七時許，元朗宏樂街朗屏 8 號附近的中電電纜橋起火。該條電纜橋設有三組 13 萬 2 千伏特的高壓電纜，主要供電予元朗、天水圍及屯門一帶。事件導致高壓電纜損毀，影響上述地區一帶電力供應，中電估計約有 17 萬 5 千客戶受影響。

6. 意外發生經過和應變安排詳見**附件**第三節。

起火成因

7. 報告指出，起火位置鄰近擴業街入口，相信是電纜橋內低壓電力輔助器材(熒光管)故障，繼而起火波及橋內電纜，引發是次火警。根據報告，沒有證據顯示事故與電力保護系統、天氣因素或人為破壞有關。

8. 起火成因的技術調查結果詳見**附件**第四及五節。

改善方案

9. 事故後，中電已檢查其餘四條類似設計的電纜橋，證實均處於正常的安全操作狀態。機電署亦抽查檢查工作，沒有發現不正常的情況。

10. 汲取是次意外的經驗，中電提出的改善措施主要包括為轄下所有電纜橋內的電纜塗上阻燃塗層、加強保安系統和防火裝置、更換所有或會引致火警的低壓電力裝置、就電纜橋供電可靠性進行風險評估等。除了針對電纜橋外，中電亦建議檢討其他電纜輸送管道內低壓電力輔助器材的運作，適時更換老舊裝置；並就電纜設施進行風險評估並採取修正措施，涉及環節包括防火和保安等。

<u>總結</u>

11. 政府參考了獨立專家的意見後，原則上認同報告關於起火成因和改善方案，並會密切監督中電盡早完成改善措施。我們亦會深入了解事故，查明全港類似系統是否有不足之處，力求杜絕同類事故。

環境及生態局
2022 年 8 月

附件

二零二二年六月二十一日
中華電力電纜橋起火事故

事故調查專責小組報告

提交報告者：

[簽字]
潘偉賢先生
中電學院校長

調查專責小組主席

日期：二零二二年八月二十二日

本中文版報告為英文版本譯本，僅供參考。如中、英文兩個版本有任何抵觸或不相符之處，應以英文版本為準。

版權所有 © 2022
中華電力有限公司（「中華電力」）。 版權所有。

報告摘要

背景

2022 年 6 月 21 日，元朗宏樂街朗屏 8 號附近中華電力一條電纜橋起火。該電纜橋分為 A 及 B 兩區，橫跨宏樂街與擴業街之間的排水明渠。事故發生後調查的證據顯示，火勢最為猛烈之處是在 A 區近擴業街一側（見附件一）。

肇事的電纜橋由著名工程顧問公司根據國際標準和本地建築規範設計（見附件4），並提交有關政府部門審批及獲發佔用許可證（NT 58/92）。該電纜橋於 1992 年啟用。

該電纜橋有兩個混凝土房間（每側尾端各有一個），用以支撐一個橫跨明渠的鋼材淺拱橋。

事故當日，有關供電範圍並無已知的運作事故或故障情況，所有電纜負荷亦低於其設計荷載上限。事件中沒有人受傷，而且除電纜橋及橋內的電纜／設備外，亦無其他財產損毀。

根據 2022 年 6 月 26 日在肇事現場和警務處、消防處、政府化驗所及機電工程署進行的聯合視察，以及隨後的討論，各方均同意，並無明顯迹象顯示今次起火事故是由不正當行為引起。

6 月 21 日下午 6 時 30 分左右，近擴業街一側的電纜橋首先冒煙。至晚上 7 時後不久，火勢已沿着電纜橋蔓延開去。

安裝於電纜橋內的三組 13 萬 2 千伏特高壓線路，八組 1 萬 1 千伏特高壓線路以及多條通訊電纜因火警而受損，影響了對元朗、天水圍及部分屯門區約 17 萬 5 千客戶的電力供應。受損的通訊電纜亦使到中華電力的控制中心失去遙距控制及監察功能。

電纜橋在火警中塌下。消防處在晚上約 8 時 30 分將火勢控制。

可能的起火原因及火警的發展過程

基於現有的證據，輔以中華電力委聘的獨立消防工程顧問，奧雅納工程顧問有限公司（Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd.）的黃曉陽博士提出的觀點，得出以下結論：

1. 如上所述，並無明顯迹象顯示今次起火事故是由不正當行為引起。

2. 事故當日，有關供電範圍並無已知的運作事故或故障情況，所有電纜負荷亦低於其設計荷載上限。（電力保護系統啟動前，所有 13 萬 2 千伏特及 1 萬 1 千伏特電纜於晚上 7 時 10 分的負荷數據顯示，最大負荷為 45% 或以下，故此電纜因超出負荷而起火的可能性極低。）

3. 電力保護系統按其設計功能即時啟動，在極短時間內，將受損的 13 萬 2 千伏特及 1 萬 1 千伏特線路從供電系統中隔離。保護系統運作正常，故不被視為今次事故的成因。

4. 縱然事故當日天氣炎熱，但天氣（環境因素）不被視為引致今次事故的成因，而客戶用電需求處於正常範圍內，當時電力供應足以應付他們的需求。

5. 火警後調查發現三處出現電纜破損，其中兩處在一條 13 萬 2 千伏特電纜，而另一處在一條 1 萬 1 千伏特電纜，但證據顯示這些破損點是由火警引起，而並非起火的成因。同時，點燃起火所需的熱力亦不大可能由感應循環電流流過高電阻路徑而產生，原因是鋼橋有提供多條路徑讓感應電流流通。再者，電纜橋的整體接地電阻值相信是低的。

6. 證據顯示火頭源於 A 區近擴業街一側，而且：

a) 從公眾人士的錄影片段、照片及口述資料得知，在火警初段，電纜橋近擴業街一側首先冒煙及電纜橋近擴業街的 A、B 兩區皆有火焰出現；

b) A 區受火警損毀較為嚴重，其中 A 區內承托電纜的支架完全塌下，但 B 區沒有這種情況；

c) 火警痕迹顯示擴業街 A 室（範圍約 4 米長），及 A 區由室橋銜接點往橋伸延約四米的範圍，曾發生非常高溫的燃燒；

d) 經由獨立化驗室對擴業街 A 室所採的混凝土蕊樣本進行岩相分析，結果進一步支持擴業街 A 室內火勢較猛烈的結論，室內溫度達到攝氏 900 度。在 A 區近擴業街一側由室橋銜接點往橋伸延約四米範圍內的橋頂，出現了由嚴重燃燒所導致的大程度氧化。需知火的溫度越高，燃燒時間越長，氧化效應就越顯著；

e) 中華電力供電系統的監測紀錄會顯示導引／光纖電纜、1 萬 1 千伏特及 13 萬 2 千伏特電纜發出警報及故障訊號的先後次序。當時首個警報來自

A 區的導引電纜（時間為晚上 7 時 10 分 27 秒），約兩分半鐘後收到來自 B 區的故障訊號；

f) 中華電力的獨立消防工程顧問進行的計算流體動力學模擬結果顯示，首先起火之處是近擴業街的 A 區，之後火勢蔓延至電纜橋其餘部分。我們亦觀察到火勢從 A 區蔓延至 B 區，相對於從相反方向較為迅速和容易；及

g) 對擴業街 A 室之內集水坑的混凝土牆進行的測試顯示，事故之前的水位約為 1.5 米高。這個水位意味着只有有限的空間能讓易燃氣體累積起來，以點燃起 A 室内的火頭。再者，電纜橋包括集水坑的水位上方皆通風良好，沒有證據顯示，有任何易燃氣體進入集水坑，或在發生事故時已存在。

7. 根據已有資料，估計起火位置在 A 區之內，範圍是從擴業街 A 室入口到室橋銜接點再往橋伸延約四米之處。這是在附件 4 的圖示中以紅色陰影表示的範圍。

8. 針對可能起火位置，即擴業街 A 室之內，中華電力的獨立消防工程顧問檢視兩個可能的火源：

a) 一件燒焦的電氣物件，事後證實為一個潛水泵，被發現於 A 室通道的格柵上。然而，無法找到證據肯定這個燒焦的水泵在火警之前是否有接駁電源，而且其他測試並不支持這件物件為火源，因此認為這極不可能是火警成因；及

b) 擴業街 A 室之內的低壓固定裝置，包括集水井泵控制屏及螢光燈[1]。中華電力的獨立消防工程顧問利用低壓開關電箱所作的評估顯示，從集水井泵控制屏透過輻射作用使電纜直接起火的可能性不大。再者，中華電力觀察到集水井泵控制屏的金屬外殼是關上的且看似完整，而且集水井泵控制屏並非在集水坑正上方。這意味着從集水井泵控制屏直接點燃位於集水坑内的電纜是極不可能的。中華電力的獨立消防工程顧問認為，基於觀察到 A 室内的螢光燈並非直接安裝在最接近的電纜上方，而且與最接近的電纜距離超過兩米，因此 A 室内安裝的螢光燈也極不可能是火源。

9. 基於可能的起火位置，獨立消防工程顧問也對 A 區近擴業街一側由室橋銜接點往橋伸延約四米範圍内，另外兩個可能的火源進行檢視：

[1] 螢光燈包括關聯的配件、線路及終端。

a) 就電纜破損點而言，沒有在這約四米範圍找到任何 13 萬 2 千伏特或 1 萬 1 千伏特電纜破損。以上（第 5 段）所述的兩處 13 萬 2 千伏特破損點，均位於離開擴業街 A 室的室橋銜接點約七米之處。基於本報告主體部分第 4.8 段所考慮的原因，這些破損點被認為是由火警引起，而並非起火的成因；及

b) 該範圍內另一個可能的火源是附於 A 及 B 兩區天花橫樑的螢光燈。這些螢光燈安裝於電纜橋橫樑之下，距離最接近的導引電纜上方約 350 毫米至 400 毫米。從電纜橋在 1992 年啟用開始，這些螢光燈不時會在週邊溫度高的情況下運作，而且它們設有鎮流器（基本上是除了在失效時更換外，無需任何維修的變壓器）。事故之後對低壓配電箱進行檢驗發現，控制照明電路的微型斷路器（MCBs）處於「跳閘（Tripped）」與「斷開（Off）」之間的位置，顯示螢光燈的電源在事故前極可能是「開啟（On）」。低壓配電箱位於宏樂街 A 室內，而每個室的入口附近都有一個燈掣。

10. 肇事之時，有可能是該範圍內一套螢光燈過熱起火，導致通常的聚乙烯燈殼及／或聚碳酸酯散光罩著火，其後以燒熔狀態或碎片形式，直接跌落在最接近的導引電纜及鄰近的交聯聚乙烯（XLPE）電纜的外層上，或達到足夠的輻射熱度，以點燃電纜外層。根據獨立實驗室在 2022 年 8 月 12 日對類似的螢光燈裝置進行模擬實驗，當中使用火炬燃燒照明裝置，證明這假設是可能的。螢光燈著火是罕見的事件，但查詢研究顯示過熱情況是可能由組件損耗等因素引致。

11. 獨立消防工程顧問的結論是，在近擴業街一側的室橋銜接點往橋伸延約四米範圍內的螢光燈，可能是火源。這火源有可能點燃最接近的導引電纜，火勢再蔓延至可能起火位置內鄰近的導引及供電電纜。

12. 基於以上所述，最可能的火源為位於 A 區近擴業街一側由室橋銜接點往橋伸延四米範圍內的螢光燈。

13. 一旦產生上述小火，只需要結合燃料及氧氣就能使火勢持續。就燃料而言，整條橋內有不少燃燒負荷量，包括九條 13 萬 2 千伏特 XLPE 電纜、五條 1 萬 1 千伏特 XLPE 電纜和四條 1 萬 1 千伏特絕緣紙電纜的電纜外層，足以令火勢持續。A 區相較於 B 區有更高的燃燒負荷密度。至於氧氣，電纜橋內的自然通風提供充足氧氣讓火勢蔓延。

14. 以上火勢發展的理論，與公眾人士所拍的錄影片段和照片相符，亦符合獨立消防工程顧問所做的火災模擬的結果和警報及故障訊號的記錄。

供電中斷

火警導致安裝於電纜橋的三組 13 萬 2 千伏特及八組 1 萬 1 千伏特高壓電纜線路損毀，影響了元朗、天水圍及部分屯門區約 17 萬 5 千客戶的電力供應。

恢復供電

事故之後，中華電力立即開始復電工作，優先恢復供電予主要的緊急及基本服務，包括醫院及鐵路。約九成受影響客戶在 7 小時內恢復供電，主要透過兩組安裝於另一條路徑的備用 13 萬 2 千伏特電纜線路，而餘下客戶則透過其它 1 萬 1 千伏特的後備電力供應陸續恢復供電。於 2022 年 6 月 22 日上午 6 時 31 分，1 萬 1 千伏特的供電完全恢復，經進行電力負荷評估後，在 2022 年 6 月 22 日上午 8 時，我們陸續通知所有餘下客戶他們的供電已恢復正常。

1 萬 1 千伏特的復電過程充滿挑戰，原因是火警損毀相關通訊電纜，以致遙控遙測系統未能發揮作用，無法如常地快速遙距復電，導致需要安排人員在現場進行電力負荷評估及透過人手操作恢復電源供應。

正如以上所述，火警導致監察及遙控系統未能運用。中華電力因此須在缺乏系統資訊的情況下，初步評估供電中斷可能維持的時間。為維持關鍵服務，中華電力先行向受影響的屋邨住戶，提供升降機、公用地方照明及水泵的電力供應。

中華電力工程人員在現場進行緊急維修工程，鋪設臨時電纜。第一組 13 萬 2 千伏特及八組 1 萬 1 千伏特新線路成功在 2022 年 6 月 24 日通電。第二組 13 萬 2 千伏特線路在 2022 年 6 月 27 日通電，而餘下的一組 13 萬 2 千伏特線路則在 2022 年 6 月 28 日通電，令區內電網的供電能力回復正常。這些臨時電纜設有外殼保護，包括以壓實泥土回填及鐵板和混凝土蓋板覆蓋。

建議和額外緩減風險措施

對於所發生的事故，我們作出以下建議和額外緩減風險措施。建議分為以下三部分：

a) 事故中損毀的電纜橋；
b) 其餘四條電纜橋；及
c) 電纜共用的基建設施。

事故中損毀的電纜橋

- 事故中損毀的電纜橋現已退役。鋼橋結構部份已被移走，兩邊的混凝土房間亦將會拆卸（進行中）。
- 已鋪設臨時電纜已經通電，供電系統已回復正常。
- 以無坑敷管法安裝永久性的電纜取代臨時電纜。視乎電纜路徑和工程許可證的審批情況，預期工程需時一至兩年完成。

其餘四條電纜橋

雖然其餘四條電纜橋發生重大電力故障的機會很微，因為當中三條電纜橋並沒有螢光燈裝置，餘下一條電纜橋的螢光燈位於中央通道正上方，距離電纜超過一米。儘管如此，為釋除居民的疑慮，我們已就這些電纜橋完成或建議以下額外的緩減風險措施：

- 電纜橋內的電纜已塗上適當的阻燃塗層（2 小時防火效能），用以抵抗外來火源及／或阻止火勢由鄰近電纜／其他源頭蔓延。
- 已在電纜橋內安裝適當的熱力偵測系統，警報訊號連接至中華電力24小時有職員當值的保安控制中心及系統控制中心。
- 已在四條電纜橋沿橋安裝花灑滅火系統。
- 已更換所有螢光燈。
- 建議對安裝及分隔電纜方法、電纜橋內的火災隱患及設備故障對電力系統等的風險進行詳細評估。

電纜共用的基建設施

- 將與設備供應商及業內人士審視照明配件及其他低壓屋宇設備設置及關聯線路的使用期及維修安排，並制定與行業最佳作業規範相符且合適的翻新或更換方案。
- 應對現時設於或通過電纜共用的基建設施（例如電纜橋、電纜隧道或其他單廊結構）的 13 萬 2 千伏特線路及 40 萬伏特線路進行風險評估及可靠性檢討，包括火災隱患及一旦出現設備故障對電力供應的影響。
- 將按行業最佳作業規範審視採用以下提升措施的效果及可行性。根據每項基礎建設的風險評估結果制定實施方案。
  - 安裝火警偵測系統，例如熱力偵測系統
  - 安裝滅火系統，例如花灑滅火系統
  - 在供電電纜上塗上阻燃塗層
  - 把供電電纜埋在泥土裡以減低起火風險
  - 以耐火物料分隔電纜線路
  - 以最新技術提升對低壓屋宇設備裝置的電力保護

- 提升保安系統，例如安裝閉路電視、入侵者警報、電子鎖系統
- 提升防禦不正當行為的防護設計，例如額外保安屏障設備
- 分流電纜線路至其他路徑

額外建議

緊急應變準備和溝通

- 建議就關鍵設施的緊急應變機制及一般的緊急召集進行審視，包括內部演習和應考慮與緊急服務部門進行聯合演習。
- 建議審視中華電力控制中心在發生重大供電中斷事件，同時失去遙距監察及控制功能的情況下，恢復供電的程序及與持份者的溝通，各項相關程序是否有效可透過演習驗證。
- 在不同路線安排額外備用的通訊電纜，以提升在事故時操作效能。在達致這安排之前，探討在緊急情況下，安全使用商用電訊網絡的可能性。

一般事宜

- 推動設施內的良好整理，確保物料不會過量堆積或儲存於非指定範圍。
- 使用風險概率矩陣對中華電力的運作設施尋找火災隱患，審視低概率高後果的事件，包括低壓固定裝置靠近導引電纜及 XLPE 電纜的情況。

內容

報告摘要

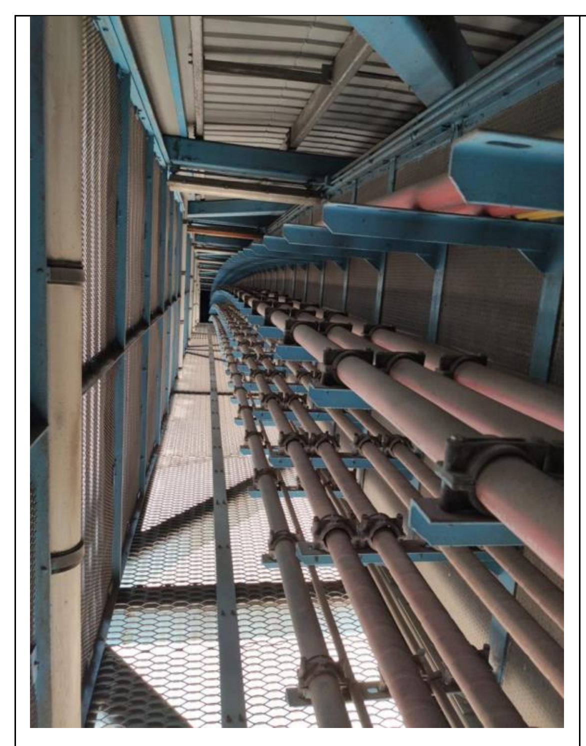
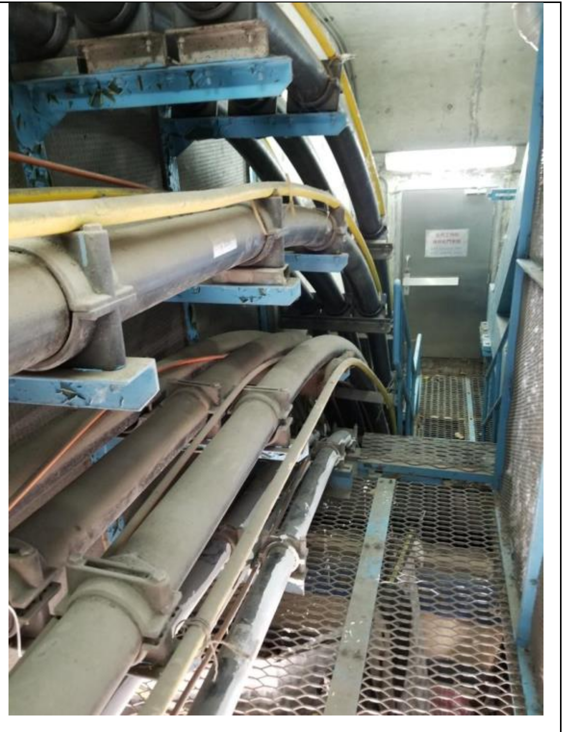
1. 引言

1.1 2022 年 6 月 21 日，元朗宏樂街朗屏 8 號附近中華電力一條電纜橋起火，影響元朗、天水圍及部分屯門區約 17 萬 5 千客戶的電力供應。



1.2 自電纜橋啟用以來，該橋四周的環境隨時間不斷發展及趨向都市化。都市化意味着當地的電力需求和通過橋內電纜輸送的電量增加。該區的土地使用亦隨着時間過去而轉變，其中包括開發明渠，而該明渠從原來的山貝河擴闊而成，如附件 1 所示。

1.3 增加用電量需求意味着電纜橋需要增加電纜。隨電纜技術不斷發展，橋內舊式的 13 萬 2 千伏特充油式電纜（oil-filled cables）已退役，並以較新的交聯聚乙烯（XLPE）絕緣電纜取代。被取代的充油式電纜最初作為備用，仍然保留在電纜橋的原位，但兩端已被切斷及封口和排放絕緣油。事故發生時，電纜橋內的電纜種類及其運作狀態見附件 2。因為負荷增加，所以早年已預先增加了額外電纜，以確保有充足電力供應及避免電纜超出負荷。當中包括兩組安裝於另一路徑的備用 13 萬 2 千伏特的電纜線路和另一組安裝於龍鼓灘至天水圍‘A’的 13 萬 2 千伏特作為後備供電應急，以加強相關網絡的供電穩定性。

從宏樂街望向電纜橋的內部景觀

1.4 電纜橋的設計是在 A 及 B 兩區兩端的混凝土室底部建造一個集水坑；供電電纜、導引電纜和光纖（FO）電纜在攀上橋面之前都會經過集水坑。每個集水坑均安裝了一個泵，用以自動排放坑內收集的積水。

2. 調查專責小組

2.1 中華電力高度關注這次事故，因此迅速成立了一個專家調查專責小組以調查和報告事故的成因，並提供建議以協助防止類似事故再次發生。此外，作為電力供應商，中華電力必須遵守《電力條例》的法定要求，向機電工程署署長通報和報告電力事故。

2.2 調查專責小組的職權範圍，是調查和編寫有關中華電力電纜橋起火事故的報告。該報告應：

a) 列出與該事故有關的事實；
b) 盡可能確定事故的成因；
c) 列出已採取的補救行動；及
d) 提供建議以防止或減少類似或相關事故再次發生的風險。

2.3 調查專責小組於 2022 年 6 月 24 日成立。

2.4 調查專責小組有五名成員：

▪ 潘偉賢先生（主席）	中電學院校長
▪ 陳熾輝 先生（成員）	土木及結構顧問
▪ 鍾王穎婷女士（成員）	法律總顧問 （香港）
▪ 戴偉倫先生（成員）	中電控股有限公司 集團營運部 營運高級總監
▪ 潘日明先生（成員）	安全及消防顧問

調查專責小組並委任奧雅納工程顧問有限公司（Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd.）的黃曉陽博士，作為一名獨立消防工程顧問協助專責小組進行調查。

3. 事故

3.1 事故中沒有人受傷，除了電纜橋本身外，沒有其他財產損毀。

3.2 2022 年 6 月 21 日，元朗宏樂街朗屏 8 號附近中華電力一條電纜橋起火，影響了元朗、天水圍及部分屯門區約 17 萬 5 千客戶的電力供應。

3.3 下午 6 時 30 分左右，近擴業街一側的電纜橋首先冒煙（由一名市民在事發後的調查期間向警務處報告，警務處隨後在 2022 年 6 月 26 日的現場調查期間，首次將此事告知中華電力。）

3.4 晚上 7 時後不久，火勢已沿着電纜橋蔓延開去，有報導指可以從橋廊的通風外牆屏板清楚見到火勢。

3.5 晚上 7 時 05 分，中華電力的緊急維修小組在接到一名市民的來電後奉召前往現場了解情況。

3.6 晚上 7 時 13 分，用以控制途經電纜橋數組 1 萬 1 千伏特電纜的斷路器跳閘。其後不久，用以控制途經電纜橋的 13 萬 2 千伏特線路的斷路器也於晚上 7 時 15 分跳閘。

3.7 晚上 7 時 15 分，消防處向中華電力保安部通報電纜橋發生火警，消防處於晚上 7 時 17 分到達現場。（消防處其後通知中華電力於晚上 7 時 12 分接獲市民就火警報案。）

3.8 消防處試圖用水撲熄火警。由於橋廊被一組通風外牆屏板圍著，所以直接處理火警並不容易。在中華電力的協助下，消防處得以通過位於電纜橋兩端的 4 個通道入口當中的 3 個（即除了擴業街 A 室入口外）進入電纜橋兩端。然而，鑒於該橋長度及被鋼覆蓋層覆蓋，要從頂部或側面滅火並不容易。

3.9 晚上 7 時 50 分，大火最終燒毀內部所有電纜，而電纜橋因過熱導致橋中的鋼料屈曲塌下，影響了元朗、天水圍和部分屯門區約 17 萬 5 千客戶的電力供應。

3.10 晚上 8 時 30 分，火勢於受控，並在晚上 11 時 44 分完全撲熄。

3.11 現場圍封了幾天，以便對整條橋的結構作出臨時支撐，使工作人員可以安全進入。

3.12 事故火警也損毀了相關通訊電纜，導致中華電力的系統控制中心失去遙距監測和控制功能。導致需要安排工作人員在現場進行電力負荷評估和透過人手操作恢復電力供應。

3.13 晚上 7 時 20 分，中華電力為受影響客戶開始復電工作，優先處理緊急和基本服務，包括醫院和鐵路。約九成受影響客戶在 7 小時內恢復供電（主要透過兩組安裝於另一條路徑的備用 13 萬 2 千伏特電纜線路）。大約在午夜時分，中華電力作出了審慎評估，可能需大約兩天時間才可以為餘下 2 萬名客戶恢復供電。事實上，餘下客戶是透過其它 1 萬 1 千伏特的後備電力供應陸續恢復供電。於 2022 年 6 月 22 日上午 6 時 31 分，1 萬 1 千伏特的供電完全恢復，經進行電力負荷評估後，在 2022 年 6 月 22 日上午 8 時，我們陸續通知所有餘下客戶他們的供電已恢復正常。

3.14 1 萬 1 千伏特的供電修復過程充滿挑戰，原因是火警損毀相關通訊電纜，以致遙控遙測系統未能發揮作用，無法如常地快速遙距復電，導致需要安排人員在現場進行電力負荷評估及透過人手操作恢復電源供應。關於復電的細節及受影響客戶數目，請參考下文第 3.15 段和附件 3。

3.15 復電時間如下：-

恢復供電時間	恢復供電客戶數目 (,000)	所佔百分比	餘下受影響客戶數目 (,000)	所佔百分比
供電中斷	0	0%	175	100%
事故發生後 2 小時內	85	49%	90	51%
事故發生後 3 小時內	108	62%	67	38%
事故發生後 6 小時內	141	81%	34	19%
事故發生後 7 小時內	155	89%	20	11%
事故發生後 13 小時內	175	100%	0	0%

3.16 完成為客戶恢復供電後，為了確保供電的可靠性，沿附近一條橫跨明渠的行人路，安裝了有適當保護的臨時 13 萬 2 千伏特、1 萬 1 千伏特和通訊電纜，繞過燒毀的橋廊，作為替代電纜，恢復事故前的供電能力。

3.17 當電纜橋發生事故時，由於龍鼓灘至天水圍‘A’線路的 13 萬 2 千伏特電纜正在維修當中，所以無法為 13 萬 2 千伏特系統（TSA 變電站）提供後備支援。龍鼓灘至天水圍‘A’線路，早前非計劃停用，是因內地進行挖掘工程導致供電電纜和相關通訊電纜損毀。這條線路現在已經恢復運作。

4. 可能的起火原因及火警的發展過程

4.1 在 2022 年 6 月 26 日在現場與警務處、消防處、政府化驗所及其他政府部門進行的聯合檢查期間，以及隨後討論，均同意目前並無明顯跡象顯示今次起火事故是由不正當行為引起。

4.2 有關的電纜橋是由著名工程顧問公司根據國際標準[2]及本地建築規範設計（見附件 4），並提交有關政府部門審批及於 1992 年獲發佔用許可證（NT58/92）。電纜橋採用鋼結構建造，為雜散電流提供了多條平行金屬路徑流去接地。

4.3 根據中華電力的維修記錄，在 2020 年 10 月 7 日對電纜橋進行定期的年度例行檢查，包括對螢光燈[3]的功能檢查，並無發現異常情況。2021 年 11 月 12 日的檢查記錄也顯示該橋及其設備均屬正常。所有其他四條電纜橋每年均進行檢查。根據現有資料顯示，2022 年 1 月至 2022 年 6 月期間，電纜維修人員和抄錶員也對該橋進行了幾次巡視，並無發現異常情況。

4.4 基於已有的證據，輔以中華電力委聘的獨立消防工程顧問，奧雅納工程顧問有限公司（Ove Arup & Partners Hong Kong Ltd.）的黃曉陽博士提出的觀點，得出以下結論。

4.5 事故當日，有關供電範圍地區並無已知的運作事故或故障情況，所有電纜負荷亦低於其設計荷載上限。（電力保護系統啟動前，所有 13 萬 2 千伏特及 1 萬 1 千伏特電纜於晚上 7 時 10 分的負荷數據顯示，最大負荷為 45% 或以下，故此電纜因超出負荷而起火的可能性極低。）

4.6 電力保護系統按其設計功能即時啟動，在極短時間內，將受損的 13 萬 2 千伏特及 1 萬 1 千伏特線路從供電線路中隔離。保護系統運作正常，故不被視為今次事故的成因。

4.7 縱然事故當日天氣炎熱，氣溫約攝氏 30 度，但天氣（環境因素）不被視為引致今次事故的成因，而客戶用電需求處於正常範圍內，當時電力供應足以應付他們的需求。

4.8 於 6 月 26 日進行檢查期間，在火警之後 13 萬 2 千伏特電纜和 1 萬 1 千伏特電纜中發現有三處出現電纜破損，但證據顯示這些破損點都是由火警引起，而並非起火的成因。證據包括：

a) 該三處出現破損位置遠離相信是 A 區近擴業街一側的起火點（如下文所述），經由獨立消防工程顧問進行的計算流體動力學（CFD）火警模擬顯示，火勢從 A 區蔓延至 B 區相對於從相反方向較為迅速和容易。

b) 該出現故障的 13 萬 2 千伏特電纜線路，在其導引電纜發生故障後 5 分鐘跳閘，假設該條 13 萬 2 千伏特電纜是起火源頭，它應會先跳閘。

[2] 1990 年的相關標準和規範如下：設計：BS5950 和關於香港鋼結構使用的工作守則；材料：BS4360。

[3] 螢光燈包括關聯的配件、線路及終端。

c) 獨立實驗室進行的顯微和金相分析確認，兩處 13 萬 2 千伏特電纜線路出現破損的位置，並沒有電弧跡象。

d) 獨立實驗室對一條 1 萬 1 千伏特電纜出現的破損點進行的顯微和金相分析顯示可能有短路的情況。儘管在這條 1 萬 1 千伏特電纜出現的破損點發現短路的可能性，但不能確定這是起火成因。此外，必須注意的是，這條 1 萬 1 千伏特電纜出現的破損點位於 B 區，而不是 A 區。

4.9 點燃起火所需的熱力不大可能由流過高電阻路徑的感應循環電流產生，原因是鋼橋有提供多條路徑讓感應電流流通。再者，電纜橋的整體接地電阻值相信是低的。

4.10 證據顯示火頭源於 A 區近擴業街一側，而且：

a) 從公眾人士的錄影片段、照片及口述資料得知，在火警初段，電纜橋近擴業街一側首先冒煙及電纜橋近擴業街的 A、B 兩區皆有火焰出現；

b) A 區受火警損毀較為嚴重，其中 A 區內承托電纜的支架完全塌下，但 B 區沒有這種情況；

c) 火警痕迹顯示擴業街 A 室（範圍約 4 米長），及 A 區由室橋銜接點往橋伸延四米範圍，曾發生非常高溫的燃燒。為便於參考，該範圍在附件 4 的圖示中以紅色陰影表示；

d) 經由獨立化驗室對擴業街 A 室所採的混凝土蕊樣本進行岩相分析，結果進一步支持擴業街 A 室內火勢猛烈的結論，室內溫度達到攝氏 900 度。在近擴業街一側的室橋銜接點往橋伸延約四米範圍內的橋頂，出現了由嚴重燃燒所導致的大程度氧化。需知火的溫度越高，燃燒時間越長，氧化效應就越顯著；

e) 中華電力供電系統的監測紀錄會顯示導引／光纖電纜、1 萬 1 千伏特及 13 萬 2 千伏特電纜發出警報及故障訊號的先後次序。當時首個警報來自 A 區的導引電纜（時間為晚上 7 時 10 分 27 秒），約兩分半鐘後收到來自 B 區的故障訊號；

f) 中華電力的獨立消防工程顧問進行的計算流體動力學模擬結果顯示，首先起火之處是近擴業街的 A 區，之後火勢蔓延至電纜橋其餘部分。我們亦觀察到火勢從 A 區蔓延至 B 區，相對於從相反方向較為迅速和容易；

g) 對擴業街 A 室之內集水坑的混凝土牆進行的測試顯示，事故之前的水位約為 1.5 米高。這個水位意味着只有有限的空間能讓易燃氣體累積起來，以點起 A 室之內的火頭。再者，電纜橋包括集水坑的水位上方皆通風良好，沒有證據顯示，有任何易燃氣體進入集水坑，或在發生事故時已存在。

4.11 根據上文第 4.10(c)段所述，估計起火位置在 A 區之內，範圍是從擴業街 A 室入口到室橋銜接點再往橋伸延約四米之處。這是在附件 4 中的圖示中以紅色陰影表示的範圍。

4.12 鑒於可能的起火地點確立在 A 區近擴業街一側，所以已檢視以下兩個在擴業街 A 室之內和靠近入口的可能火源：

a) 一件燒焦的電氣物件 ，事後證實為一個潛水泵，被發現於在 A 室通道的格柵上。然而，無法找到證據肯定這個燒焦的水泵在火警之前是否有接駁電源，而且其他測試並不支持這件物件為火源，因此認為這極不可能是火警成因；及

b) 擴業街 A 室之內的低壓固定裝置，包括集水井泵控制屏及螢光燈。中華電力的獨立消防工程顧問利用低壓開關電箱所作的評估顯示，從集水井泵控制屏透過輻射作用使電纜直接起火的可能性不大。再者，中華電力觀察到集水井泵控制屏的金屬外殼是關上的且看似完整，而且集水井泵控制屏並非在集水坑正上方。這意味着從集水井泵控制屏直接點燃位於集水坑內的電纜是極不可能的。中華電力的獨立消防工程顧問認為，基於觀察到 A 室內的螢光燈並非直接安裝在最接近的電纜上方，而且與最接近的電纜距離超過兩米，因此 A 室內安裝的螢光燈也極不可能是火源。

4.13 基於可能的起火位置，中華電力的獨立消防工程顧問又對 A 區近擴業街一側由室橋銜接點往橋伸延約四米範圍內，另外兩個可能的火源進行了檢視：

a) 就電纜破損點而言，沒有在可能的起火位置找到任何 13 萬 2 千伏特電纜破損。以上（第 4.8 段）所述的兩處 13 萬 2 千伏特破損點，均位於離開擴業街 A 室的室橋銜接點約七米之處，而且如上文所述，由獨立實驗室進行的顯微和金相分析確認，這兩處 13 萬 2 千伏特電纜破損位置沒有電弧跡象；及

b) 該範圍內另一個可能的火源是附於 A 及 B 兩區天花板橫樑的螢光燈。這些螢光燈安裝於電纜橋橫樑之下，距離最接近的導引電纜上方約 350 毫米至 400 毫米。從電纜橋在 1992 年啟用開始，這些螢光燈不時會在週邊溫度高的情況下運作，而且它們設有鎮流器（基本上是除了在失效時更換外，無需維修的變壓器）。事故之後對低壓配電箱進行檢驗發現，控制照明電路的微型斷路器（MCBs）處於「跳閘 （tripped）」與「斷開 (off)」之間的位置，顯示螢光燈的電源在事故前極可能是「開啟 （On）」。低壓配電箱位於宏樂街 A 室內，而每個室的入口附近都有一個燈掣。

4.14 肇事之時，有可能是該範圍內一套螢光燈過熱起火，導致通常的聚乙烯燈殼及／或聚碳酸酯散光罩著火，其後以燒熔狀態或碎片形式，直接跌落在最接近的導引電纜及鄰近的 XLPE 電纜的外層上，或達到足夠的輻射熱度，以點燃電纜外層。根據獨立實驗室在 2022 年 8 月 12 日對類似的螢光燈裝置進行模擬實驗，

當中使用火炬燃燒照明裝置，證明這假設是可能的。螢光燈管著火是罕見的，但查詢研究顯示過熱情況是可能由組件損耗等因素引致。

4.15 獨立消防工程顧問的結論是，在近擴業街一側的室橋銜接點往橋伸延約四米範圍內的螢光燈，可能是火源。這火源有可能點燃最接近的導引電纜，火勢再蔓延至可能起火位置鄰近的導引及供電電纜。

4.16 基於以上所述，最可能的火源為位於 A 區近擴業街一側由室橋銜接點往橋伸延四米範圍內的螢光燈。

4.17 一旦產生上述小火，只需要結合燃料及氧氣就能使火勢持續。就燃料而言，整條橋內有不少燃燒負荷量，包括九條 13 萬 2 千伏特 XLPE 電纜，五條 1 萬 1 千伏特 XLPE 電纜和四條 1 萬 1 千伏特絕緣紙電纜的電纜外層足以令火勢持續。A 區相較於 B 區有更高的燃燒負荷密度。至於氧氣，電纜橋內的自然通風提供充足氧氣讓火勢蔓延。

4.18 以上火勢發展的理論，與公眾人士所拍的錄影片段和照片相符，亦符合獨立消防工程顧問所做的火災模擬結果和警報及故障訊號的記錄。

4.19 除了上述的結論外，還應注意以下的額外背景：

a) 大部分主要鋼料仍然完好無損，而且大部分橋頂和側板、桁條、欄杆和網狀金屬地台板都沒有因火警而嚴重損毀。據觀察所知，沿着橋廊的中主幹的複合材料建築板完好無損。A 區的電纜架被火警損毀得最嚴重，從該處直至集水坑的電纜入口處，大部分電纜的外層和絕緣層被火警完全燒毀，而在其他三個室的電纜外層狀況良好；及

b) 除靠近擴業街 A 室外，橋廊兩端的所有混凝土室的水泥密封間都被燒焦及有不同程度的煤煙燻黑。據觀察所知，擴業街 A 室的混凝土表面呈暗黃色，而在該混凝土室與室橋銜接點接壤的天花板邊緣出現剝落。擴業街 A 室內的鋼樓梯、欄杆和平台的表面見不到油漆，而在其他三個室類似的鋼製附屬結構則觀察到剩餘藍色油漆。

5. 其他觀察

5.1 設施管理

- 於宏樂街那邊的電纜橋位置，發現存放着幾桶電纜接駁絕緣膠及幾個帆布袋盛載的發泡膠珠。這些物件都沒有被火燒毀。

5.2 沒有安裝火警探測系統或消防系統，但一些電纜的底部塗上了阻燃塗層。

5.3 電纜分隔

- 電纜橋 A 區和 B 區之間的電纜（13 萬 2 千伏特、1 萬 1 千伏特、導引電纜及光纖電纜）可以更好分隔。

- 電纜橋內有一定數目的主要線路，電纜橋的故障意味着多組主要線路受影響，有機會影響到系統的備用性/穩定性。

5.4 供電系統的通訊渠道

- 與主要供電電纜一同鋪設於電纜橋的導引及訊號電纜，在火警中均損毀。這意味着失去傳送中華電力控制中心的現場訊號及一些遙距控制功能，影響復電工作。

6. 建議和額外緩減風險措施

6.1 對於所發生的事故，我們作出以下建議和額外緩減風險措施。建議分為以下三部分：

a) 事故中損毀的電纜橋；
b) 其餘四條電纜橋；及
c) 電纜共用的基建設施。

6.2 事故中損毀的電纜橋

- 事故中損毀的電纜橋現已退役。鋼橋結構部份已被移走，兩邊的混凝土房間亦將會拆卸（在進行中）。
- 已在受保護的環境鋪設臨時電纜已經通電，供電系統已回復正常。
- 以無坑敷管法安裝永久性的電纜取代臨時電纜。視乎電纜路徑和工程許可證的審批情況，預期工程需時一至兩年完成。

6.3 其餘四條電纜橋

雖然餘下四條電纜橋發生重大電力故障的機會很微，因為當中三條電纜橋並沒有螢光燈裝置，其餘一條電纜橋的螢光燈位於中央通道正上方，距離電纜超過一米。儘管如此，為釋除居民的疑慮，我們已就這些電纜橋完成或建議以下額外的緩減風險措施：

- 電纜橋內的電纜已塗上適當的阻燃塗層（2 小時防火效能），用以抵抗外來火源及／或阻止火勢由鄰近電纜／其他源頭蔓延。
- 已在電纜橋內安裝適當的熱力偵測系統，警報訊號連接至中華電力 24 小時有職員當值的保安控制中心及系統控制中心。
- 已在四條電纜橋沿着橋內安裝花灑滅火系統。
- 已更換所有螢光燈。
- 建議對安裝及分隔電纜方法、電纜橋內的火災隱患及設備故障對電力系統等的風險進行詳細評估（將於 2022 年 11 月底前完成）。

6.4 電纜共用的基建設施

- 在 2022 年底前與設備供應商及業內人士審視照明配件及其他低壓屋宇設備設置及關聯線路的使用期及維修安排，並制定與行業最佳作業規範相符且合適的翻新或更換方案。

- 預期在 2022 年 11 月底前應對現時設於或通過電纜共用的基建設施（例如電纜橋、電纜隧道或其他單廊結構）的 13 萬 2 千伏特線路及 40 萬伏特線路進行風險評估及可靠性檢討，包括火災隱患及一旦出現設備故障對電力供應的影響。

- 將按行業最佳作業規範審視採用以下提升措施的效果及可行性。於 2023 年根據每項基礎建設的風險評估結果制定實施方案。

  - 安裝消防偵測系統，例如熱力偵測系統
  - 安裝滅火系統，例如花灑滅火系統
  - 在供電電纜上塗上阻燃塗層
  - 把供電電纜埋在泥土裡以減低起火風險
  - 以耐火物料分隔電纜線路
  - 以最新技術提升對低壓屋宇設備裝置的電力保護
  - 提升保安系統，例如安裝閉路電視、入侵者警報、電子鎖系統
  - 提升防禦不正當行為的防護設計，例如額外保安屏障設備
  - 分流電纜線路至其他路徑

7. 額外建議

7.1 緊急應變機制和溝通

- 建議就關鍵設施的緊急應變機制及一般的緊急召集進行審視，包括內部演習和應考慮與緊急服務部門進行聯合演習。
- 建議審視中華電力控制中心在發生重大供電中斷事件，同時失去遙距監察及控制功能的情況下，恢復供電的程序及與持份者的溝通，各項相關程序是否有效可透過演習驗證。
- 在不同路線安排備用更多的通訊電纜，以提升在事故時操作效能。在達致這安排之前，探討在緊急情況下，安全使用商用電訊網絡的可能性。

以上各項預期在 2022 年底前完成。

7.2 一般事宜

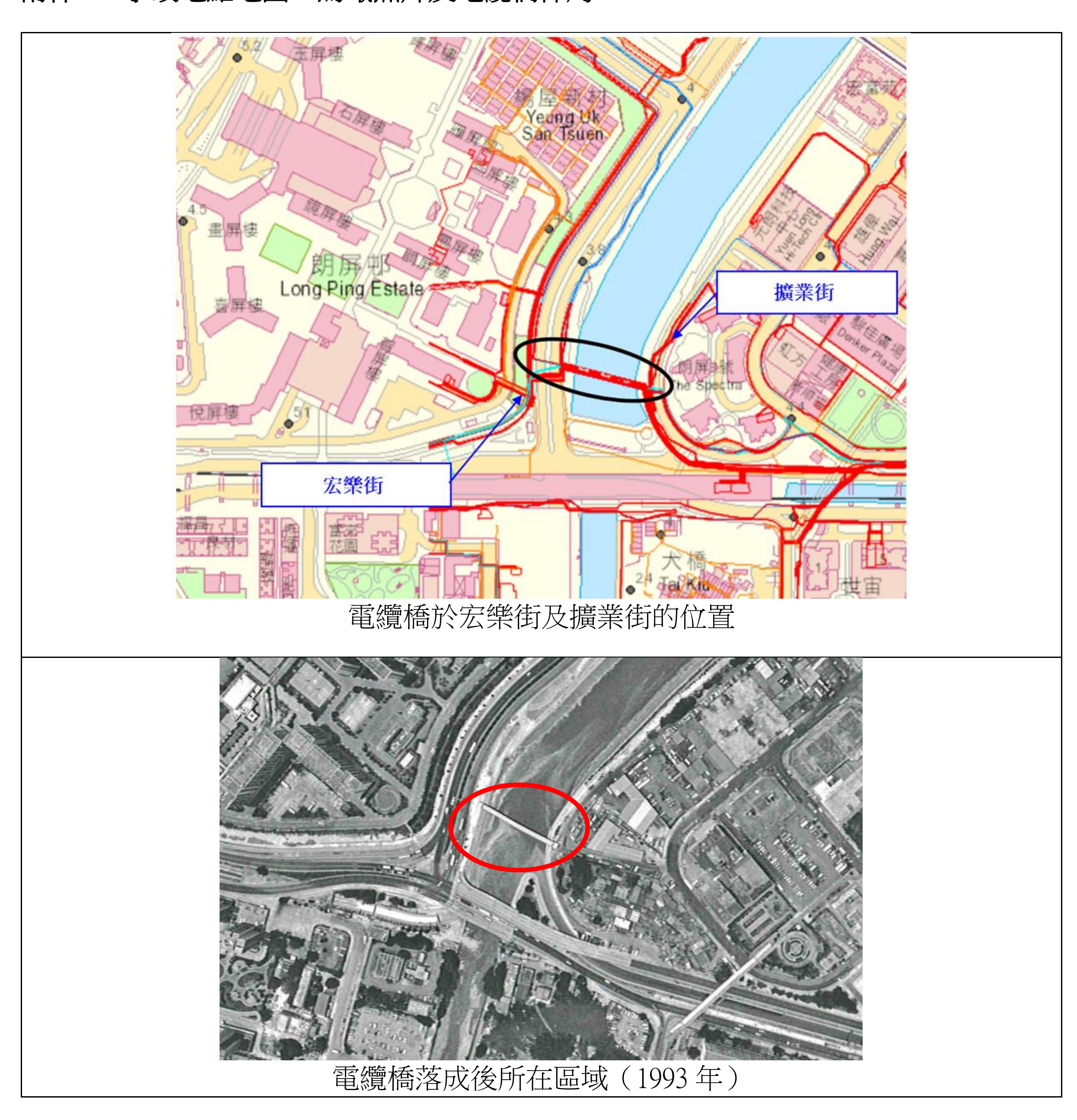
- 推動設施內的良好整理，確保物料不會過量堆積或儲存於非指定範圍。
- 使用風險概率矩陣對中華電力的運作設施尋找火災隱患，審視低概率高後果的事件，包括低壓固定裝置鄰近導引電纜及 XLPE 電纜的的情況。

以上各項預期在 2022 年底前完成。

8. 附件

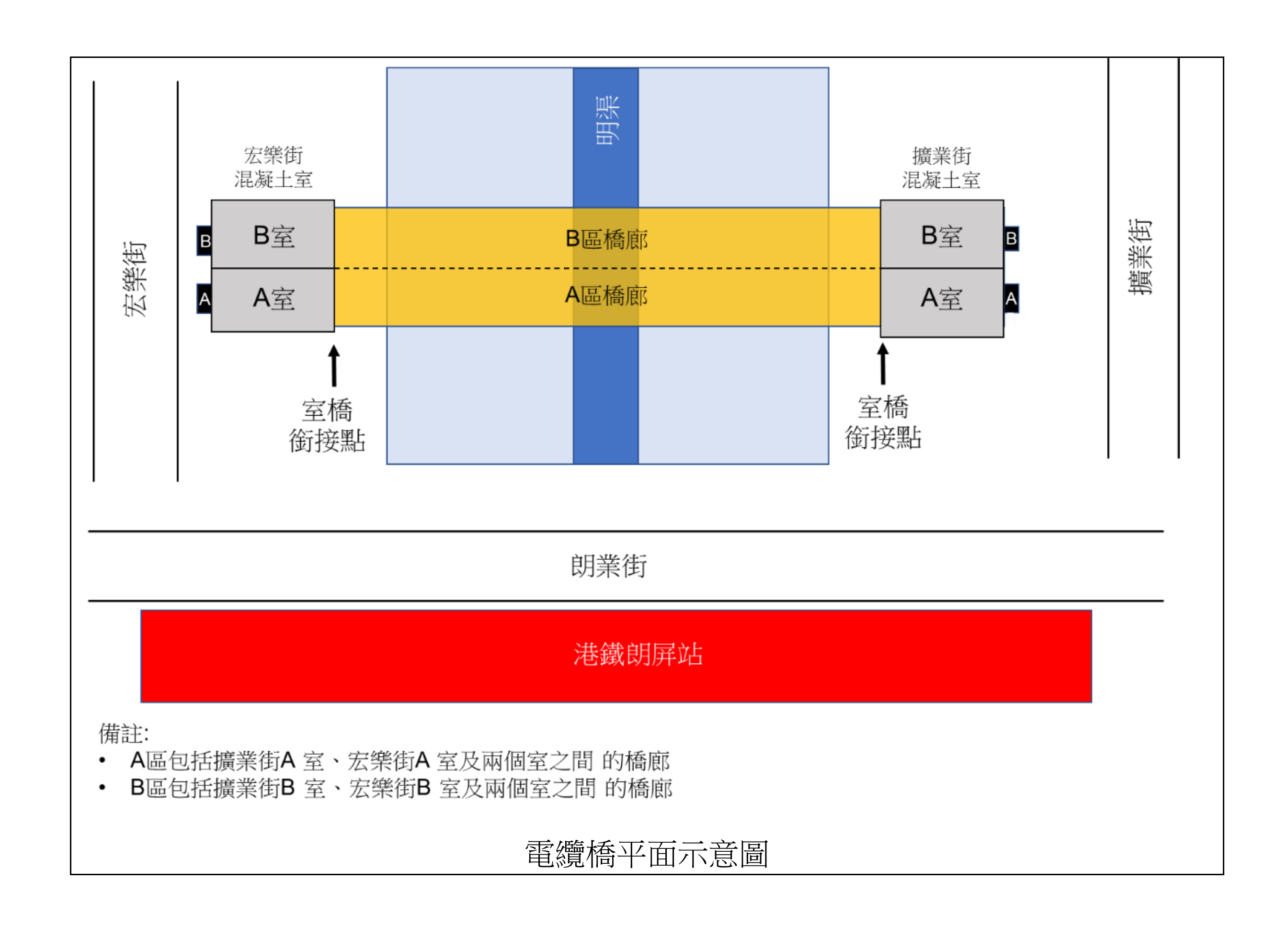
附件	
1	事故地點地圖、鳥瞰照片及電纜橋佈局
2	電纜橋設備佈局
3	復電進度
4	電纜橋建築設計

附件 1：事故地點地圖、鳥瞰照片及電纜橋佈局



電纜橋於宏樂街及擴業街的位置

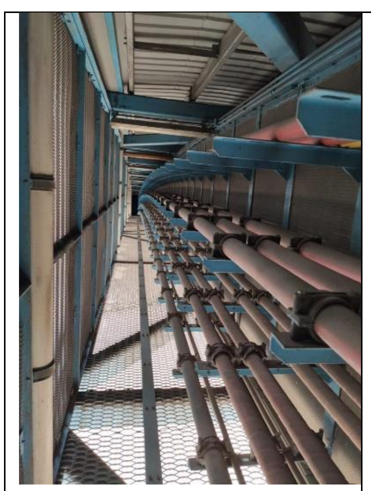
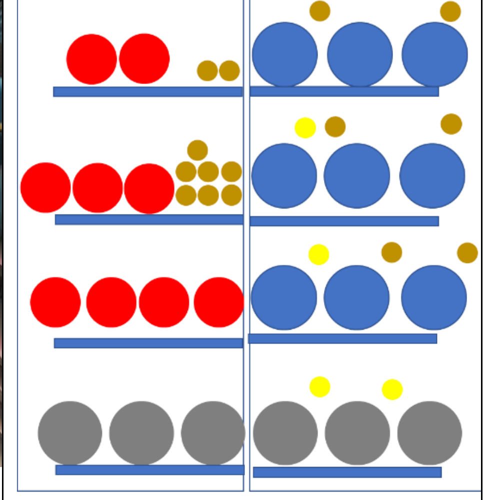
電纜橋落成後所在區域（1993 年）



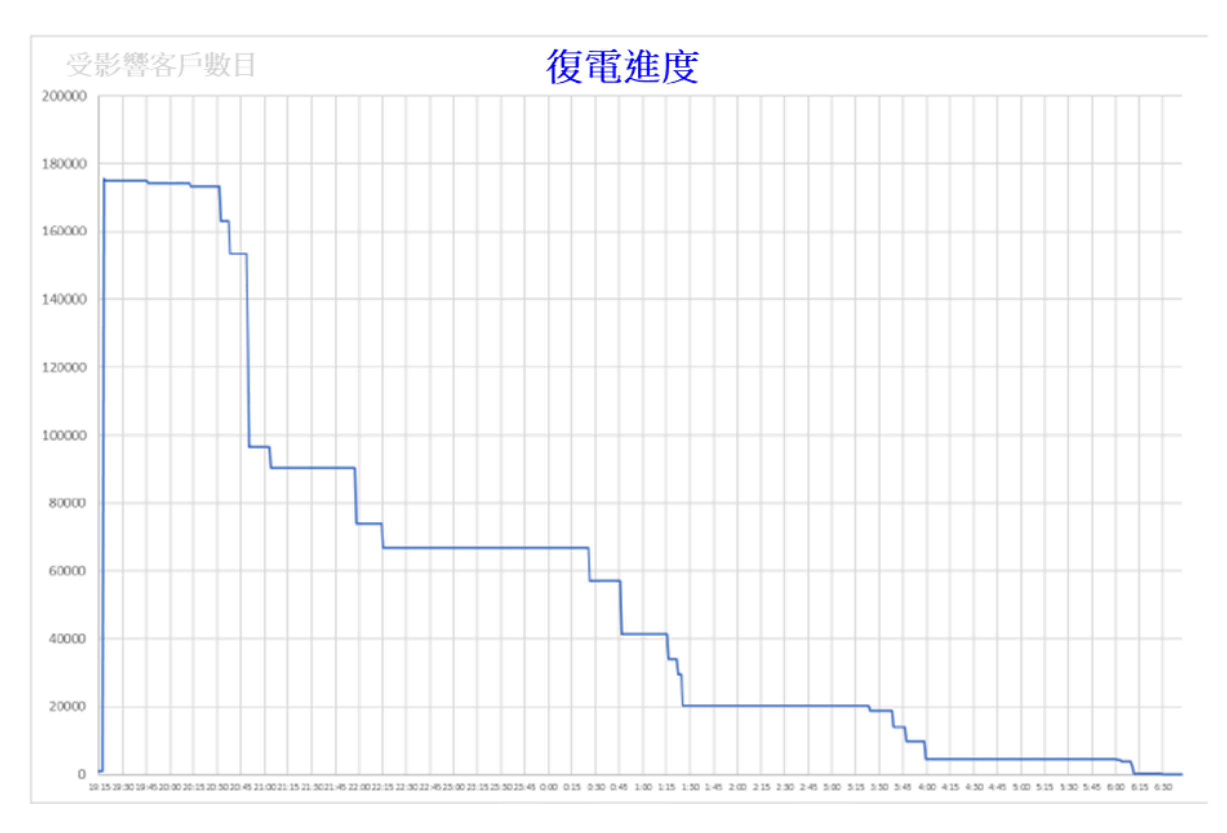
備註:
- A區包括擴業街A 室、宏樂街A 室及兩個室之間 的橋廊
- B區包括擴業街B 室、宏樂街B 室及兩個室之間 的橋廊

電纜橋平面示意圖

附件 2：電纜橋設備佈局

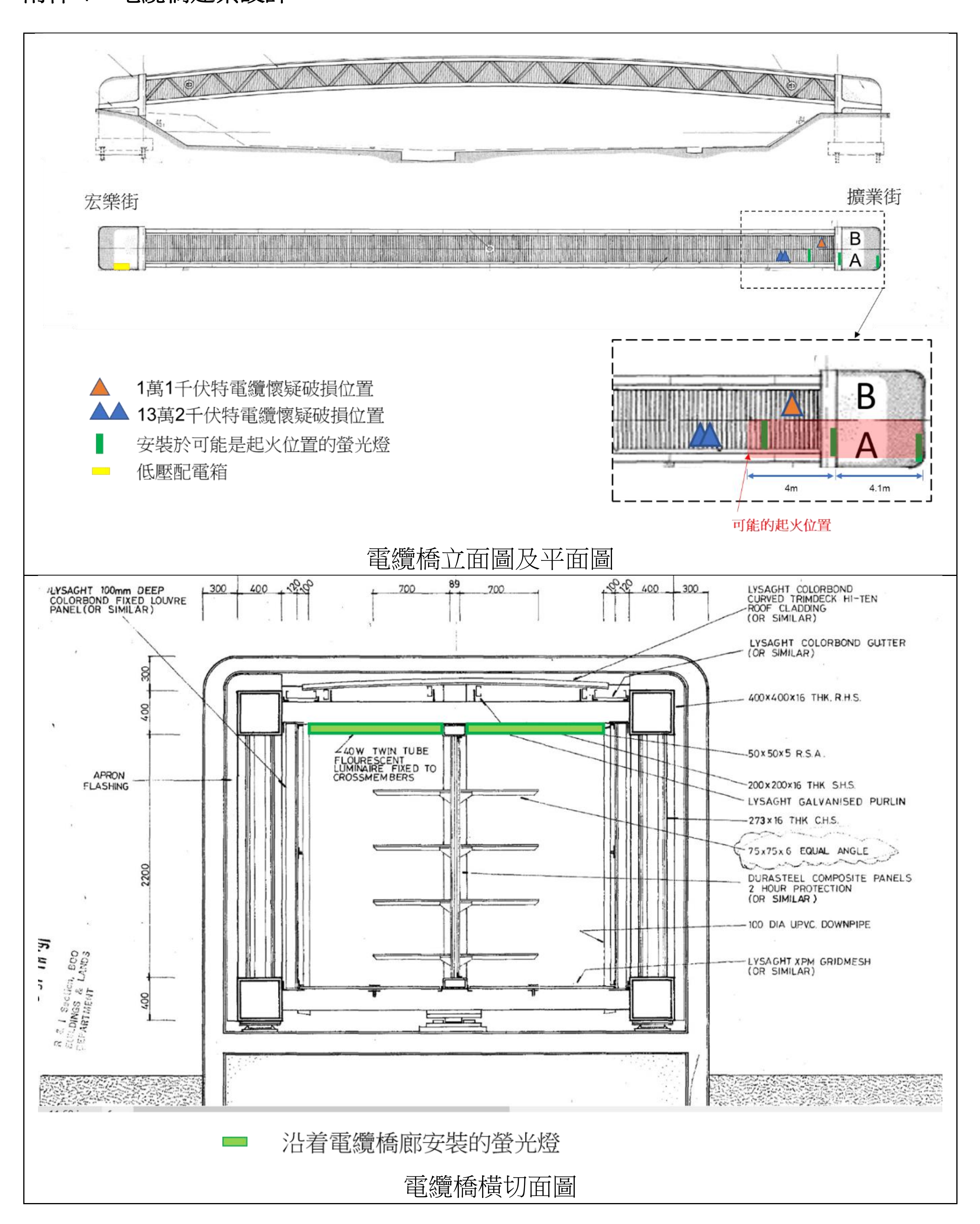
 從電纜橋内部望向擴業街入口的 B 區景象，顯示 1 萬 1 千伏特電纜的裝置以及已停用並已將油排放的 13 萬 2 千伏特充油式電纜（下層）。	 13萬2千伏特電纜 (每組線路有3條電纜) 1萬1千伏特電纜 (每組線路有1條電纜，並有1條後備電纜) 光纖電纜 導引電纜 已將油排放的13萬2千伏特充油式電纜 *電纜佈局根據現有所知資料顯示	從電纜橋内部望向擴業街入口的 A 區景象，顯示 13 萬 2 千伏特電纜的電纜架。

附件 3：復電進度



恢復供電時間	恢復供電客戶數目 (,000)	所佔百分比	餘下受影響客戶數目 (,000)	所佔百分比
供電中斷	0	0%	175	100%
事故發生後 2 小時內	85	49%	90	51%
事故發生後 3 小時內	108	62%	67	38%
事故發生後 6 小時內	141	81%	34	19%
事故發生後 7 小時內	155	89%	20	11%
事故發生後 13 小時內	175	100%	0	0%

附件 4：電纜橋建築設計



電纜橋立面圖及平面圖

電纜橋橫切面圖

*** * 報告完結 * ***